

Docket No.: P2002,0637

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as First Class Mail in an envelope addressed to the Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on the date indicated below.

By: Markus Nollf Date: August 22, 2003

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant : Werner Plass, et al.
Applic. No. : 10/631,384
Filed : July 31, 2003
Title : Surface Emitting Semiconductor Laser Chip and Method for Producing the Chip

CLAIM FOR PRIORITY

Commissioner for Patents,
P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Claim is hereby made for a right of priority under Title 35, U.S. Code, Section 119, based upon the German Patent Application 102 34 976.2, filed July 31, 2002.

A certified copy of the above-mentioned foreign patent application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

Markus Nollf
For Applicant

MARKUS NOLFF
REG. NO. 37,006

Date: August 22, 2003

Lerner and Greenberg, P.A.
Post Office Box 2480
Hollywood, FL 33022-2480
Tel: (954) 925-1100
Fax: (954) 925-1101

/av



Docket No.: P2002,0637

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant : Werner Plass, et al.
Applic. No. : 10/631,384
Filed : July 31, 2003
Title : Surface Emitting Semiconductor Laser Chip and Method for
Producing the Chip

ASSOCIATE POWER OF ATTORNEY

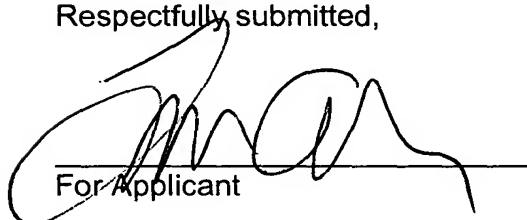
Commissioner for Patents,
P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Please recognize MARKUS NOLFF (Reg. No. 37,006) as my associate in the matter in the above-identified application, with full powers. Please continue addressing all communications to the following address:

Lerner and Greenberg, P.A.
P.O. Box 2480
Hollywood, Florida 33022-2480

Respectfully submitted,


For Applicant

LAURENCE A. GREENBERG
REG. NO. 29,308

Date: August 22, 2003

Lerner and Greenberg, P.A.
Post Office Box 2480
Hollywood, FL 33022-2480
Tel: (954) 925-1100
Fax: (954) 925-1101

/av

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 34 976.2

Anmeldetag: 31. Juli 2002

Anmelder/Inhaber: Osram Opto Semiconductors GmbH,
Regensburg/DE

Bezeichnung: Oberflächenemittierender Halbleiterlaserchip
und Verfahren zu dessen Herstellung

IPC: H 01 S 5/183

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 31. Juli 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Hilf'.

Stech

Beschreibung

Oberflächenemittierender Halbleiterlaserchip und Verfahren zu dessen Herstellung

5

Die Erfindung bezieht sich auf einen oberflächenemittierenden Halbleiterlaserchip nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 sowie ein Verfahren zu dessen Herstellung nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 7.

10

Oberflächenemittierende Halbleiterlaser sind beispielsweise aus DE 100 38 235.5 bekannt. Charakteristisch für derartige Laser ist eine Emissionsrichtung, die senkrecht zur Chipoberfläche angeordnet ist. Oftmals werden diese Halbleiterlaser auch als VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser) bezeichnet. Sie unterscheiden sich darin insbesondere von sogenannten kantenemittierenden Lasern, bei denen die Emission durch eine Seitenfläche des Laserchips erfolgt.

20 Die Bezeichnungen "Oberfläche" und "Seitenfläche" stehen dabei im Zusammenhang mit der Fertigung derartiger Chips im Waferverbund, wobei die "Oberfläche" der Waferoberfläche entspricht. Die Seitenflächen hingegen entstehen erst bei der Zerteilung der Wafer in einzelne Halbleiterchips.

25

Bei einem üblichen Herstellungsverfahren für kantenemittierende Laserchips wird ein Wafer üblicherweise zur Zerteilung in einzelne Halbleiterchips gebrochen, wobei die Bruchlinie entlang einer Kristallhaupttrichtung des Wafers verläuft. Dabei entstehen als Seitenflächen der Halbleiterkörper glatte Spaltflächen, die zugleich Spiegelfacetten der jeweiligen Laserresonatoren sind.

30

Bei oberflächenemittierenden Lasern ist die Ausbildung derartiger Spaltflächen als Seitenflächen aufgrund der anderen, senkrechten Orientierung des Resonators bzw. der Emissionsrichtung nicht erforderlich. Zur Herstellung derartiger La-

35

serchips können die entsprechenden Wafer daher statt durch Brechen auch durch Sägen oder Ätzen zerteilt werden.

Bei Leuchtdiodenchips wurde festgestellt, daß ein häufiger
5 Alterungsmechanismus auf der Entstehung von Versetzungslinien im Halbleiterkristall beruht. Diese Versetzungslinien können sich im Betrieb ausbreiten und nichtstrahlende Rekombinationszentren bilden. Solche Kristalldefekte erniedrigen die Effizienz des Bauteils und können schließlich zum Ausfall führen.
10 Im Leuchtbild eines Halbleiterkristalls erkennt man derartige Kristalldefekte als dunkle Linien, die daher auch als DLDs (dark line defects) bezeichnet werden.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen oberflächenemittierenden Halbleiterlaserchip mit einem verbesserten Alterungsverhalten bzw. einer erhöhten Lebensdauer zu schaffen.
15 Insbesondere soll die Entstehung von nichtstrahlenden Rekombinationszentren bzw. DLDs verringert werden. Weiterhin ist es Aufgabe der Erfindung, ein entsprechendes Herstellungsverfahren anzugeben.
20

Diese Aufgabe wird durch einen oberflächenemittierenden Halbleiterlaserchip nach Patentanspruch 1 bzw. ein Verfahren nach Patentanspruch 7 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.
25

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, einen oberflächenemittierenden Halbleiterlaserchip mit einem Halbleiterkörper zu bilden, der zumindest teilweise eine Kristallstruktur mit zugeordneten Kristallhaupttrichtungen, eine Strahlungsaustrittsfläche und den Halbleiterkörper lateral begrenzende Seitenflächen aufweist, wobei zumindest eine Seitenfläche schräg, d. h. weder parallel noch senkrecht, zu den Kristallhaupttrichtungen angeordnet ist. Die Strahlungsemission erfolgt im Betrieb im wesentlichen senkrecht zu der sich in lateraler Richtung erstreckenden Strahlungsaustrittsfläche.
30
35

Die schräge Anordnung der Seitenflächen zu den Kristallhau-
haupttrichtungen hat den Vorteil, daß weniger Keime für Ver-
setzungslinien im Kristallgefüge entstehen und damit die Zahl
der Versetzungslinien sinkt. Dies verlangsamt die Alterung
5 des Halbleiterchips.

Vorzugsweise weist der Halbleiterkörper einen zur Strahlungs-
austrittsfläche parallelen rechteckförmigen oder quadrati-
schen Querschnitt auf. Diese Form kann leicht durch Zersägen
10 eines Wafers entlang sich orthogonal kreuzender Sägelinien
aus einem Wafer gefertigt werden, wobei vorteilhafterweise
alle Seitenflächen schräg zu den Kristallhaupttrichtungen an-
geordnet sein können.

15 Die Erfindung eignet sich insbesondere für Halbleitermaterialien mit kubischer Kristallstruktur, wobei beispielsweise ohne Beschränkung der Allgemeinheit die Kristallrichtungen [100] und [010] parallel zur Strahlungsaus-
trittsfläche bzw. zur Waferoberfläche liegen. Dabei ist es vorteilhaft, die
20 Seitenflächen so anzuordnen, daß sie einen Winkel zwischen 40° und 50°, bevorzugt 45° mit den Kristallhaupttrichtungen [100] und [010] einschließen.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist der
25 Halbleiterkörper ein Substrat in Form eines Halbleiterkristalls auf, durch das die Kristallrichtungen, beispielsweise [100] und [010] festgelegt werden. Die Laserstruktur ist dabei als Halbleiterschichtenfolge auf diesem Substrat aufgebracht. Eine solche Schichtenfolge kann beispielsweise mit-
30 tels eines Epitaxie-Verfahrens aufgewachsen werden.

Bevorzugt basiert der Halbleiterkörper auf dem GaAs/AlGaAs-Materialsystem. Neben diesen GaAs und AlGaAs kann der Halbleiterkörper selbstverständlich auch andere Verbindungen wie
35 beispielsweise AlGaInAs oder InGaAs enthalten. Auch andere III-V-Halbleiter oder Nitrid-Verbindungshalbleiter, beispielsweise die Verbindungen GaP, InGaP, InAsP, GaAlP,

InGaAlP, GaAsP, InGaAsP und InGaAs, sind bei der Erfindung geeignet.

Bei einem erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren ist vorgesehen, zunächst mittels eines herkömmlichen Fertigungsverfahrens einen Wafer mit einer Mehrzahl von oberflächenemittierenden Halbleiterlaserstrukturen herzustellen, wobei der Wafer eine Kristallstruktur mit Kristallhaupttrichtungen aufweist. Nachfolgend wird der Wafer in eine Mehrzahl von Halbleiterlaserchips entlang vorgegebener Trennlinien zerteilt. Diese Trennlinien sind so angeordnet, daß sie schräg, also weder parallel noch senkrecht zu den Kristallhaupttrichtungen verlaufen. Vorzugsweise wird der Wafer zersägt oder mittels eines Ätzverfahrens zerteilt.

Durch die schräge Anordnung der Trennlinien zu den Kristallhaupttrichtungen wird die Bildung von Keimen für Versetzungslinien und in der Folge die Entstehung von alterungsbeschleunigenden Versetzungslinie bzw. DLDs vorteilhaft verringert.

Weitere Merkmale, Vorzüge und Zweckmäßigkeiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von zwei Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Figuren 1 bis 3.

Es zeigen:

Figur 1 eine schematische perspektivische Ansicht eines ersten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen oberflächenemittierenden Halbleiterlaserchips,

Figur 2 eine schematische Schnittansicht des ersten Ausführungsbeispiels und

Figur 3 eine schematische Aufsicht auf ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen oberflächenemittierenden Halbleiterlaserchips.

Gleiche oder gleich wirkende Elemente sind in den Figuren mit den selben Bezugszeichen versehen.

Figur 1 zeigt schematisch einen Halbleiterlaserchip eines VCSELS. Der Chip umfaßt ein Substrat 2, auf das ein Stapel von Halbleiterschichten 3 aufgebracht ist. Die Halbleiterschichten bilden dabei die strahlungserzeugende Laserstruktur des Bauelementes. Diese Struktur wird nachfolgend im Zusammenhang mit Figur 2 genauer erläutert.

10

Der die Halbleiterschichten 3 umfassende Halbleiterkörper 1 weist eine Strahlungsaustrittsfläche 4 auf und wird lateral durch eine Mehrzahl von Seitenflächen 5 begrenzt. Im Betrieb wird die Laserstrahlung 6 im wesentlichen in senkrechter Richtung zur Strahlungsaustrittsfläche 4 emittiert.

15

Das Substrat 2 und die darauf aufgebrachten Halbleiterschichten 3 weisen zumindest teilweise eine Kristallstruktur auf. Das Kristallgitter in lateraler Richtung ist durch die gestrichelten Linien 16, die zugehörigen Kristallhauptrichtungen 7 durch Pfeile veranschaulicht.

20

Bei epitaktisch aufgewachsenen Schichten wird in der Regel diese Struktur durch das Substrat vorgegeben. Damit werden auch die Kristallhauptrichtungen 7 der Halbleiterschichten in lateraler Richtung festgelegt. Wesentlich ist bei der Erfindung, daß die Seitenflächen 5 so angeordnet sind, daß sie schräg zu den Kristallhauptrichtungen 7, also weder parallel noch senkrecht zu diesen Richtungen verlaufen.

25

30

Im Rahmen der Fertigung von LEDs wurde festgestellt, daß eine derartige Anordnung der Seitenflächen 5 zu den Kristallhauptrichtungen 7 im Gegensatz zu einer parallelen bzw. senkrechten Anordnung die Bildung von Keimen für Versetzungslinien und eine damit einhergehende beschleunigte Alterung des Bauelementes vorteilhaft verringert. Obwohl bei oberflächenemittierenden Halbleiterlaserchips der strahlungsemittierende

35

Bereich wesentlich weiter von der Sägespur entfernt ist als bei LEDs, hat sich bei der Erfindung gezeigt, daß auch hier die Alterung des Bauelements durch die erfindungsgemäße Anordnung der Seitenflächen zu den Kristallhaupttrichtungen vor-
5 teilhaft verringert werden kann.

In Figur 2 ist eine Schnittansicht längs der Linie A-A durch das in Figur 1 gezeigte Ausführungsbeispiel dargestellt. Auf dem Substrat 2, beispielsweise einem GaAs-Substrat ist eine
10 Mehrzahl von Halbleiterschichten 3 angeordnet. Dieser Schichtstapel 3 umfaßt Spiegelschichten 8, 11, die den Laserresonator bilden und beispielsweise als Bragg-Spiegel ausgeführt sein können. Derartige Braggspiegel können zum Beispiel jeweils als Schichtenfolge mit abwechselnden Schichten aus
15 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ und $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ realisiert sein.

Zwischen diesen Spiegelschichten 8, 11 ist eine aktive Schicht 9 angeordnet. Vorzugsweise ist diese aktive Schicht 9 als Quantentopfstruktur, beispielsweise in Form einer SQW-
20 Struktur (Single Quantum Well) oder einer MQW-Struktur (Multiple Quantum Well) ausgebildet. Als MQW-Struktur eignet sich zum Beispiel ein Struktur mit 3 GaAs-Quantentöpfen mit einer Emissionswellenlängen von etwa 850 nm.

Die Schicht 10 ist als sogenannte Stromeinschnürungsschicht geformt, die im Betrieb den Pumpstrom, beispielhaft dargestellt anhand der Strompfade 15, zum Zentrum der aktiven Schicht 9 hinführt und so die Pumpdichte des Lasers erhöht. Die Stromeinschnürungsschicht kann als AlAs-Schicht gebildet
30 sein, sie teilweise lateral oxidiert ist.

Im Zentrum der aktiven Schicht 9 entsteht dabei eine aktive strahlungsemittierende Zone 14, wobei beim Überschreiten der Pumpschwelle bzw. des Schwellstromes der Laser anschwingt und
35 Laserstrahlung 6 in senkrechter Richtung zur Strahlungsaustrittsfläche 4 emittiert. Zur Zufuhr des Pumpstroms sind auf der Strahlungsaustrittsfläche 4 und der gegenüberliegenden

Oberfläche des Substrates 2 Kontaktmetallisierungen 12, 13 vorgesehen. Die Kontaktmetallisierung 12 ist beispielsweise als Ringkontakt ausgeführt. Bevorzugt ist die Kontaktmetallisierung 12 als p-Kontakt, zum Beispiel als TiPtAu-Kontakt, und die Kontaktmetallisierung 13 als n-Kontakt, zum Beispiel als AuGe-Kontakt, ausgeführt.

Der Übersichtlichkeit halber sind diese Kontaktmetallisierungen in Figur 1 nicht dargestellt.

10

In Figur 3 ist eine schematische Aufsicht eines zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung gezeigt. Der Halbleiterkörper 1 entspricht im Wesentlichen dem in Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiel. Als Halbleitermaterial wird ein Material auf GaAs-Basis verwendet. Die Kristallhaupttrichtungen [100] und [010] sind ohne Beschränkung der Allgemeinheit parallel zur Strahlungsausstrittsfläche 4 angeordnet. Der Halbleiterkörper 1 weist parallel zur Strahlungsausstrittsfläche 4 einen quadratischen Querschnitt auf, wie die Aufsicht zeigt, und wird von Seitenflächen 5 lateral begrenzt. Die Seitenflächen 5 schließen mit den Kristallhaupttrichtungen [100] und [010] jeweils einen Winkel von 45° ein.

25

Es hat sich gezeigt, daß mittels einer derartigen Anordnung das Alterungsverhalten eines entsprechenden Bauelementes, wie beispielsweise eines VCSELs, deutlich verbessert werden kann.

Patentansprüche

1. Oberflächenemittierender Halbleiterlaserchip mit einem Halbleiterkörper (1), der zumindest teilweise eine Kristallstruktur mit Kristallhaupttrichtungen (7), eine Strahlungsaus-
5 trittsfläche (4) und den Halbleiterkörper (1) lateral begrenzende Seitenflächen (5) aufweist,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
zumindest eine Seitenfläche (5) schräg zu den Kristall-
10 haupttrichtungen (7) angeordnet ist.
2. Halbleiterlaserchip nach Patentanspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
der Halbleiterkörper (1) einen zur Strahlungsaustrittsflä-
15 che (4) parallelen quadratischen oder rechteckförmigen Querschnitt aufweist.
3. Halbleiterlaserchip nach Patentanspruch 1 oder 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
20 mindestens eine der Kristallhaupttrichtungen (7), insbesondere die die [100]-Richtung, parallel zur Strahlungsaustrittsflä-
che (4) verläuft, und zumindest eine der Seitenflächen (5) einen Winkel zwischen 40° und 50°, vorzugsweise einen Winkel
von 45° mit dieser Kristallhaupttrichtung einschließt.
25
4. Halbleiterlaserchip nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
der Halbleiterlaserchip ein Substrat (2) umfaßt, das zumin-
dest teilweise eine Kristallstruktur aufweist.
30
5. Halbleiterlaserchip nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
der Halbleiterkörper einen III-V-Verbindungshalbleiter, ins-
besondere GaAs oder AlGaAs, und/oder einen Ni-
35 trid-Verbindungshalbleiter enthält.

6. Halbleiterlaserchip nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, daß
der Halbleiterlaserchip ein VCSEL ist.

5 7. Verfahren zur Herstellung eines oberflächenemittierenden
Halbleiterlaserchips, bei dem ein Halbleiterwafer mit einer
Mehrzahl von oberflächenemittierenden Halbleiterstrukturen
hergestellt wird, wobei der Halbleiterwafer Kristall-
haupttrichtungen aufweist und der Halbleiterwafer entlang von
10 Trennlinien in eine Mehrzahl von Halbleiterlaserchips zer-
teilt wird,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Trennlinien schräg zu den Kristallhaupttrichtungen ange-
ordnet sind.

15

8. Verfahren nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, daß
der Halbleiterwafer bei der Zerteilung entlang der Trennli-
nien gesägt oder geätzt wird.

20

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Trennlinien mit den Kristallhaupttrichtungen einen Winkel
zwischen 40° und 50°, vorzugsweise einen Winkel von 45° ein-
25 schließen.

Zusammenfassung

Oberflächenemittierender Halbleiterlaserchip und Verfahren zu dessen Herstellung

5

Die Erfindung beschreibt einen oberflächenemittierenden Halbleiterlaserchip mit einem Halbleiterkörper (4), der zumindest teilweise eine Kristallstruktur mit Kristallhaupttrichtungen (7), eine Strahlungsausstrittsfläche (4) und den Halbleiterkörper lateral begrenzende Seitenflächen (5) aufweist, wobei zumindest eine der Seitenflächen (5) schräg zu den Kristallhaupttrichtungen (7) angeordnet ist. Weiterhin beschreibt die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Halbleiterlaserchips.

15

FIG 1

P2002,0637

FIG. 3

